Lane Medical Libr

Aus dem zahnärztlichen Institut der Universität Göttingen
Direktor: Professor Dr. Rebel

Experimentelle Untersuchungen über die notwendigen Eigenschaften des Fingerfederchenmaterials der Lingualapparatur nach Mershon

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
an der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Zahnarzt Clemens Rohmann
aus Buer i. Westfalen

Referent: Professor Dr. Rebel

Tag der mündlichen Prüfung 13. Dezember 1929.

Bei der Beantwortung der Frage nach wirksamen und erfolgreichen Methoden und Mitteln in der modernen Orthodontie stoßen wir zunächst auf den Namen Angle, der vor einigen Jahrzehnten mit seinem Expansionsbogen fast allen, bis dahin gebräuchlichen Regulierungsmethoden die Anwendungsberechtigung nahm. Mit dem Anglebogen, der labial den Zähnen angebogen und durch Morarenschraubbänder verankert ist, ist man bekanntlich in der Lage, sowohl einzelne Zahnbewegungen auszuführen, als auch den ganzen Zahnbogen resp. Kiefer in seiner Stellung zu beeinflussen. Zur Uebertragung der dem Anglebogen innewohnenden elastischen Kraft benutzt man Drahtligaturen, die, um die zu bewegenden Zähne bzw. Zahngruppen gelegt, die Bewegung der Zähne in der beabsichtigten Weise auslösen. Die klinische Beobachtung, die ergab, daß bei dieser Art der Kraftübertragung ungünstige Nebenwirkungen auftreten können, war die Veranlassung, den Anglebogen zu modifizieren. Um die Kraft möglichst schonend zur Entfaltung zu bringen, wurden anstelle der dicken, aus unedlem Metall hergestellten Bögen echte, von kleinerer Dimension, aber konstanterer Elastizität benutzt. Die Nachteile der Ligaturen suchte man dadurch zu beheben, daß man den Bogen vermittelst Stiften oder Oesen an die mit Bändern versehenen Zähne fixierte. Das Ergebnis dieser Verbesserungsversuche ist der Stiftröhrchenapparat und Bandbogen nach Angle. Will man in kurzen Zügen auf die Nachteile des Angleschen Expansionsbogens eingehen, so ist zunächst die Natur seiner Kräfte zu bemängeln. Im Hnblick auf den zu fordernden langsamen Verlauf der Zahnbewegung sind seine Kräfte zu groß und nicht so fein dosierbar, daß ein Umbau des Knochens mit der Bewegung des Zahnes gleichen Schritt halten kann. Die oft vorkommende Kippung der Zähne zeigt, daß die Kräfte zu

groß sind, wenn der Angriffspunkt zu nahe der Zahnkrone liegt. Weitere Nachteile bringen die Ligaturen. Sie sind Retentionsstellen für Speisereste und erschweren die Mundpflege außerordentlich. Zahnfleischentzündungen sind fast regelmäßige Folgeerscheinungen. Ferner zwingt der Gebrauch von Ligaturen zu mindestens wöchentlichen Sitzungen. Neben der noch zu erwähnenden ungünstigen Kräfteverteilung hat die Kosmetik eine weniger wichtige Bedeutung.

In neuester Zeit ist eine große Gruppe von Orthodonten dazu übergegangen, dem erst nach dem Weltkriege in Deutschland bekannt gewordenen Lingualbogen nach Mershon den Vorzug zu geben. Im Gegensatz zum Expansionsbogen liegt er, wie der Name sagt, der der Zunge zugewandten Seite der Zähne an. Der wesentliche Unterschied zwischen dem Expansionsbogen von Angle und dem Lingualapparat besteht, abgesehen von Einzelheiten, darin, daß dieser durch Zug, jener durch Druck seine Wirkung entfaltet, was sich physiologisch jedoch vollkommen gleich bleibt. Zur Verankerung des Lingualbogens werden ebenfalls Molarenvollbänder benutzt. Der Lingualbogen als solcher ist durchaus keine Neuerung in der Orthodontie. Bevor ihn Merchon durch seine Demonstration im Jahre 1917 populär machte, war er sowohl als aktiv wirkender Bogen, wie auch als Retentionsapparat benutzt worden. Aus welcher von diesen beiden Verwendungsmöglichkeiten der heute benutzte Lingualapparat hervorgegangen ist, ist umstritten, zu beantworten aber nicht der Zweck der Arbeit. Jedenfalls kam seine Benutzung als aktive Methode aus Mangel an geeignetem Material wenig oder gar nicht zur Anwendung und geriet wahrscheinlich in Vergessenheit. Zur Retention der Behandlungsergebnisse wurde er aber schon immer benutzt. Wie Korkhaus in seinem Lehrbuch „Moderne orthodontische Therapie" berichtet, griff der Amerikaner Jackson zu Anfang dieses Jahrhunderts den Gedanken, einen aktiv wirkenden Lingualbogen zu benutzen, wieder auf. Die von ihm angegebene Apparatur wurde von seinem Landsmann Mershon weiter ausgebaut und wesentlich verbessert. Die Abbildung 1 zeigt einen Lingualbogen am Oberkiefermodell in situ.

Die Apparatur, wie sie von Mershon empfohlen und heute angewandt wird, besteht aus

1. dem Hauptbogen,

2. dem Schloß, das den Hauptbogen fest, aber herausnehmbar an den Molarenvollbändern verankert,

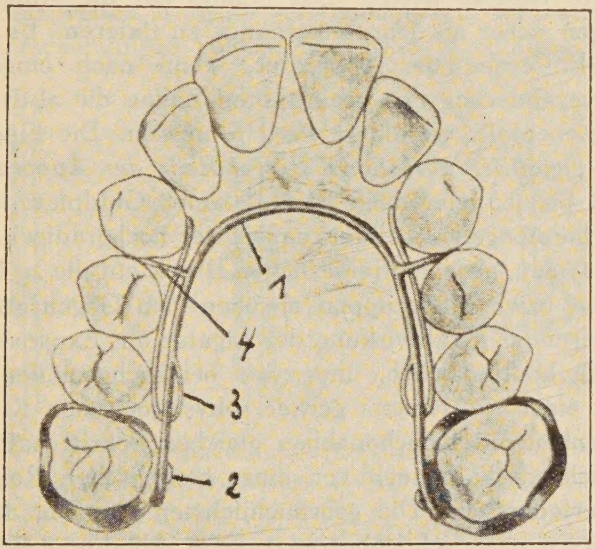

Abbildung 1.
Lingualbogen nach Mershon (Korkhaus).

3. sogen. Fingerfederchen, die am Hauptbogen angelötet sind und vermöge ihrer elastischen Eigenschaften einen dauernden Druck auf die zu bewegenden Zähne ausüben,

4. Führungsdornen, die, am Hauptbogen angelötet, ein Abrutschen der Fingerfederchen an den schrägen Lingualflächen der Zähne verhindern sollen.

Der Hauptbogen, ein 0,9 bis 1,0 mm dicker Draht aus Platiniridium oder einer Goldplatinlegierung, kann sowohl aktiv wie passiv benutzt werden, d. h. er kann bei entsprechender Formung vermöge seiner Elastizität eine Buckalbewegung im Prämolaren- und Molarengebiet bewirken, ferner inaktiv lediglich als Apparaturbasis für die Fingerfederchen fun-

gieren. Mit den Ankerbändern wird der Hauptbogen verbunden durch das sogen. Schloß. Eine große Zahl von Schloßkonsturktionen ist angegeben worden, die einzeln hier zu beschreiben zu weit führen würde. Erwähnen möchte ich nur die Schloßkonstruktion von Korkhaus, die in den meisten Fällen verwendbar ist und ausgezeichnete Dienste leistet. Das Schloß hat die Aufgabe, den Hauptbogen sicher an dem Ankerbande zu fixieren. Es gestattet aber ein Entfernen der Apparatur, wenn nach eingetretener Stellungsveränderung der beeinflußten Zähne die aktiv wirkenden Teile ebenfalls verändert werden müssen. Die Fingerfederchen, *die eigentlich wirksamen Bestandteile der Apparatur,* sind feine, 0,4 bis 0,5 mm dicke Drähte einer Goldplatinlegierung, die, am Hauptbogen angelötet, dank ihrer hochgradigen Elastizität einen feinen, aber kontinuierlichen Druck auf die zu bewegenden Zähne bzw. Zahngruppen ausüben. Im Gegensatz zu der intermittierenden Kraftwirkung der Ligatur am Expansionsbogen wirken sie kontinuierlich, und zwar bei sachgemäßer Anwendung mit einer so feinen, gerade physiologischen Kraft, daß Knochenanbau mit Knochenabbau gleichen Schritt halten kann. Man spricht deshalb auch von einer biologischen Reizwirkung der Fingerfederchen. Die gebräuchlichsten Formen, die Formgestaltung ist natürlich unbegrenzt, zeigt Abbildung 2.
Die Aufgabe der Führungsdorne ist oben bereits beschrieben worden.

Die Vor- und Nachteile dieser beiden erwähnten therapeutischen Hilfsmittel, ihre Anwendungsweise und Anwendungsmöglichkeiten näher auszuführen, ist hier nicht angebracht. In der einschlägigen Literatur ist eingehend darüber berichtet worden.

Die Erfolge, die bei der Behandlung mittels des Lingualbogens erzielt werden, sind aber überhaupt nicht auf dessen sinnreiche Konstruktion zurückzuführen, vielmehr sind die Eigenschaften des zu seiner Herstellung benutzten Materials von ausschlaggebender Bedeutung. Da, wie schon oben erwähnt, die Fingerfederchen die eigentlichen aktiven Teile der Apparatur sind, müssen an das Material derselben hohe Anforderungen gestellt werden, wenn der Erfolg nicht ausbleiben soll. Die Fingerfeder-

chen bestehen aus einer Goldplatinlegierung mit geringen Zusätzen anderer Metalle; sie sind meist Dreistoff- oder Vierstoffsysteme, deren Aufbau und Zusammensetzung nicht bekannt ist.

Welche Anforderungen müssen wir an das Material stellen?

An erster Stelle ist von ihm zu fordern eine Elastizität, die in möglichst weiten Grenzen vollkommen sein soll, keinerlei Ermüdungserscheinungen zeigen, und trotz Hartlötung nicht ver-

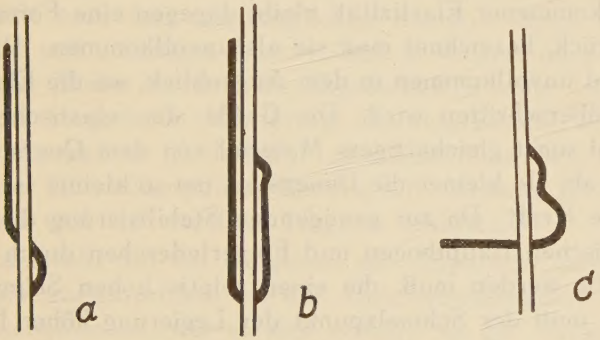

Abbildung 2. (Korkhaus)
a) einfaches Federchen, b) zurücklaufendes Federchen, c) Zwischenfederchen.

loren gehen darf. Die Schmelzintervalle der gebräuchlichen Lote liegen bei:

20 kar. Lot zwischen 840—710 Grad C.
18 kar. Lot zwischen 805—730 Grad C.
16 kar. Lot zwischen 800—740 Grad C.
14 kar. Lot zwischen 770—710 Grad C.

Die Bedingung der Hartlötung schließt die Forderung eines genügend hohen Schmelzpunktes in sich ein. Um den Draht nach der Lötung in die geeignete Form bringen zu können, muß das Material eine Biegungsfähigkeit besitzen, die eine Biegung bis mindestens 180 Grad gestattet. Endlich besteht für dieses, wie für alle übrigen verwandten Materialien die Bedingung ausgesprochener Homogenität, da die klinischen Beobachtungen gezeigt haben, daß heterogene Legierungen von der Mundflüssigkeit angegriffen werden. Wenn auch die Apparatur nicht solange im

Munde verbleibt, daß Auflösungserscheinungen auftreten könnten, so ist damit doch die Gefahr der Qualitätsverminderung nicht ausgeschlossen. Elastisch muß das Material sein, denn von der Ausnutzung dieser Eigenschaft hängt die ganze Wirkungsweise der Lingualapparatur ab. Unter Elastizität eines Körpers versteht man bekanntlich sein Bestreben, bei einer gewaltsamen Formveränderung in seine ursprüngliche Lage zurückzukehren. Wird dabei die Ausgangsstellung wieder erreicht, so spricht man von vollkommener Elastizität, bleibt dagegen eine Formveränderung zurück, bezeichnet man sie als unvollkommen. Die Elastizität wird unvollkommen in dem Augenblick, wo die Elastizitätsgrenze überschritten wird. Die Größe der elastischen Kräfte hängt bei sonst gleichartigem Material von dem Querschnitt des Körpers ab. Je kleiner die Dimension, um so kleiner ist auch die elastische Kraft. Da zur genügenden Stabilisierung die Vereinigung zwischen Hauptbogen und Fingerfederchen durch Hartlote hergestellt werden muß, die einen relativ hohen Schmelzpunkt besitzen, muß der Schmelzpunkt der Legierung höher liegen als der des Lotes. Zur individuellen Gestaltung und Formung der Fingerfederchen wie des Hauptbogens besteht weiter die Forderung einer genügenden Biegungsfähigkeit des Materials. Unter Biegungsfähigkeit versteht man die Möglichkeit, einem Körper eine bestimmte Form geben zu können. Benötigt wird dazu eine gewisse Geschmeidigkeit, die im Gegensatz zu der mit der Elastizität verbundenen Festigkeit steht. Die Biegungsfähigkeit ist also nur unter Verlust einer gewissen Menge dieser beiden Eigenschaften möglich.

Ausschlaggebend und bedeutsam für die Gebrauchsfähigkeit der Lingualapparatur ist nun die Frage, ob die verwandten Materialien, gesetzt den Fall, daß sie allen unseren Anforderungen in dem Zustand, wie sie uns von der herstellenden Firma geliefert werden, genügen, auch ihre Eigenschaften *nach Fertigstellung der Apparatur* noch aufweisen können. Berücksichtigen wir nämlich das Herstellungsverfahren, so ist die Frage berechtigt, ob die bei der Hartlötung benötigten hohen Temperaturen keinen nachteiligen Einfluß auf das gelieferte Material haben. Es ist

eine allgemein bekannte Tatsache, daß sich der Charakter eines Metalles nach Wärmebehandlung wesentlich verändern kann. Als typisches Beispiel sei hier der Stahl genannt, der nach Erhitzung bei langsamem Erkalten weich wird. Die neuesten Ergebnisse der Metallurgie haben aber gezeigt, daß die Eigenschaften einer Goldlegierung, wie sie im Anlieferungszustand bestanden haben, durch eine spezifische Nachbehandlung, dem *sogen. Vergüten oder Anlassen,* wieder erreicht werden können. Beim Stahl erhält man den ursprünglichen Zustand durch Erhitzen auf Rotglut und sofortiges Abschrecken in Wasser oder Oel. In umgekehrter Weise werden die Eigenschaften einer Goldlegierung wieder hergestellt. Man bringt das verarbeitete Werkstück in sogen. Annealern (Anlassern) eine bestimmte Zeit lang auf eine von der Herstellungsfirma für das betr. Material festgesetzte Temperatur und läßt es dann langsam erkalten.

Mit Rücksicht auf die Aufgaben des Apparates erscheint es erforderlich, nachzuprüfen, wie der Anlieferungszustand des Materials beschaffen ist, wie es sich verhält bei der Verarbeitung, welche Eigenschaftsänderungen auftreten und ob es vergütbar ist, d. h. ob die Eigenschaften des Anlieferungszustandes durch Nachbehandlung wieder erreicht werden können.

Auf Grund von experimentellen Untersuchungen werde ich versuchen, diese Fragen zu beantworten. Die Versuche beschränken sich auf das Fingerfederchenmaterial, da ja, wie bereits erwähnt, die eigentliche Arbeit von ihnen geleistet werden muß. Will man sich ein Bild machen von der Leistungsfähigkeit resp. von den mechanischen Eigenschaften derselben, so muß man systematisch prüfen. Die durchgeführten Prüfungen erstrecken sich auf die *Bestimmung der Biegezahl* und der *Elastizitätsgrenze*, ferner auf *Berechnung des Elastizitätsmoduls.*

Nach *Memmler* verstehen wir unter Bestimmung der Biegezahl eine technologische Probe, unter Feststellung der Elastizitätsgrenze und Berechnung des Elastizitätsmoduls einen Festigkeitsversuch.

Die Biegezahl wurde bestimmt, um aus ihr die Biegungsfähigkeit des Materials bewerten zu können. Dazu benutzt wurde die

der Form der Fingerfederchen entsprechende einfachste Art der Bestimmungsmethoden. Die Drähte wurden zwischen die Backen zweier Feilkloben eingespannt, um 90 Grad abgebogen und wieder in die Ausgangslage zurückgebogen. Die Biegung um diese

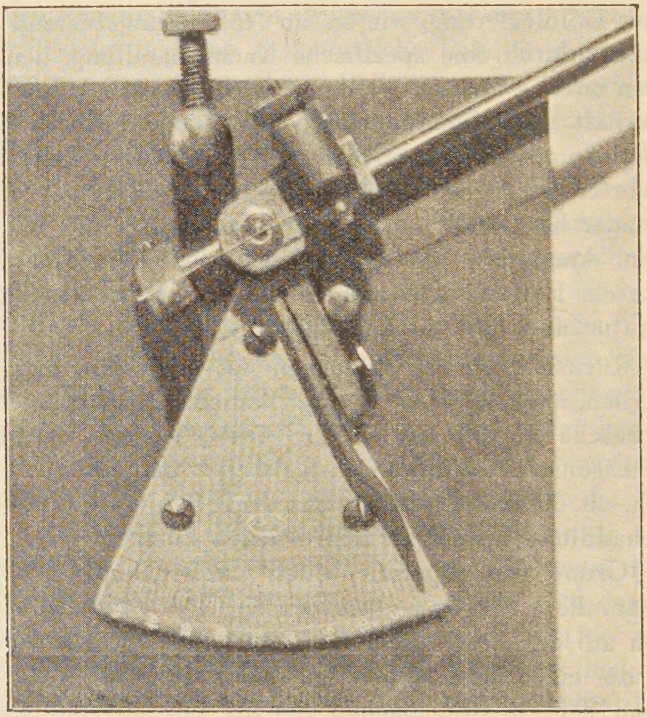

Abbildung 3.
Apparat der „Degussa“ zur Bestimmung der Elastizitätsgrenze.

beiden rechten Winkel wird als eine Biegung gezählt. Die Zahl der Biegungen bis zum Bruch des Versuchsobjektes wird mit Biegezahl bezeichnet.

Aus der Feststellung der Elastizitätsgrenze läßt sich die Elastizität der Legierung, die für die Wirkungsweise der Apparatur ja von ausschlaggebender Bedeutung ist, beurteilen. Zu

ihrer Bestimmung wurde der uns in liebenswürdiger Weise von der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt (Degussa) Pforzheim zur Verfügung gestellte Apparat benutzt. Der Apparat, den Abbildung 3 zeigt, ist gebaut unter Berücksichtigung der Gesetze für elastische Abbiegungen einseitig festgelegter Körper.

Der Draht hat von der Einspannvorrichtung bis zum Mitnehmer eine Länge von 3 cm. In der Nullstellung bilden Draht und Abbiegungshebel eine Gerade. Der Abbiegungshebel rotiert um ein Zentrum. Den Grad der Abbiegung abzulesen gestattet ein am Rotationszentrum zum Abbiegungshebel rechtwinklig angebrachter Zeiger, der über eine Winkelskala läuft. Behält der eingespannte Draht nach einer bestimmten Abbiegung in Nullstellung Kontakt mit dem Mitnehmer, so lag die Winkelabbiegung im Bereiche der vollkommenen Elastizität. Erreicht er dagegen in Nullstellung keinen Kontakt mehr, so lag der Abbiegungswinkel im Bereiche der unvollkommenen Elastizität. Die Belastung, in diesem Falle der Abbiegungsgrad, der eine dauernde Deformation von höchstens 0,03 % der Meßlänge herbeiführt, wird als Elastizitätsgrenze bezeichnet.

Physikalisch wird außerdem die Elastizität durch eine zweite meßbare Größe, dem sogen. Elastizitätsmodul, bestimmt. Der Elastizitätsmodul ist eine Zahl, die die Größe der Kraft angibt, die ein Material der Deformation entgegensetzt. Im eigentlichen Sinne versteht man darunter die Kraft, die zur Verlängerung eines Stabes um das Doppelte benötigt wird. Praktisch ist dies jedoch nicht möglich, da der Stab vorher zerreißen würde. Der Elastizitätsmodul läßt sich am einfachsten an Durchbiegungsversuchen bestimmen. Man ist imstande, die Größe der Kräfte gegen Deformation zu messen. Der Elastizitätsmodul gilt nur solange, als die Elastizitätsgrenze nicht überschritten wird. Zu seiner Bestimmung wurde die Durchbiegung eines einseitig eingeklemmten Drahtes benutzt. Die Belastung erfolgte durch Gewichte. Die Größe der Abbiegung wurde durch eine Mikrometerschraube auf ein Hundertstel Millimeter bestimmt. Die für diesen Versuch eigenhändig angefertigte Apparatur gibt Abbildung 4 schematisch wieder.

Es bedeutet in der Abbildung: a der Versuchsdraht, b die Einspannvorrichtung, c die Mikrometerschraube. Die Länge des Drahtes von der Einspannstelle bis zur Mikrometerschraube bzw. Belastungsstelle beträgt 3 cm.

Zur Errechnung wurde die „Kohlrausch" entnommene Formel

$$E = \frac{4 \cdot l^3 \cdot P}{3 \cdot \Pi r^4 \cdot h}$$

verwandt. In dieser Formel bedeutet E den Elastizitätsmodul in kg/qmm, l die Meßlänge in Millimetern (bei meinen Messungen

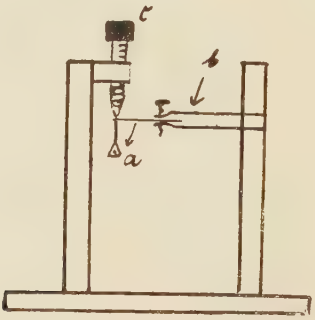

Abbildung 4.
Apparat zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls.

30 mm), P bedeutet die Last in Kilogramm, r den Radius des Drahtes in Millimetern und h die Durchbiegung in Millimetern. Zur Belastung P wurde bei allen Versuchen ein 5 gr Gewichtsstück benutzt, das an einem Seidenfaden an die Belastungsstelle gehängt wurde. Mit der Belastung zu variieren, allerdings nur innerhalb der Elastizitätsgrenze, ist nach dem Hookeschen Gesetz überflüssig; dieses besagt, daß die Formveränderung, in diesem Falle die Größe der Abweichung, innerhalb der Elastizitätsgrenze proportional ist der sie verursachenden Kraft.

Diese Versuchsreihen wurden zunächst vorgenommen an Materialien, wie wir sie im Anlieferungszustand zur Bearbeitung bekommen. Da aber, wie oben bereits erwähnt wurde, aus dem Einfluß der verschiedenen zur Verarbeitung benötigten Temperaturen eine Aenderung der Struktur und damit gleichzeitig eine Aenderung der Eigenschaften resultiert, war es angebracht, die

Versuche auch an einem Material durchzuführen, das vorher den verschiedensten Temperaturen ausgesetzt worden war. Wie aus den später folgenden Tabellen ersichtlich ist, wurden die Temperaturen von 200 Grad C. bis 900 Grad C. gesteigert. Die Temperaturen 740 Grad und 830 Grad C. sind die Mittelwerte für die Schmelzpunkte des 14 kar. und 20 kar. Lotes. Die Temperatur 900 Grad C. wurde benutzt, um evtl. Ueberhitzungserscheinungen feststellen zu können. Sämtliche Versuchsproben wurden nach den Vorschriften von *Memmler* mindestens eine halbe Stunde lang im Muffelofen durch Gas auf die jeweilige Temperatur gebracht, die, durch ein Pyrometer gemessen, konstant gehalten wurde. Die Abkühlung erfolgte jedesmal langsam. Nach Fertigstellung der Apparatur muß das Material wieder gehärtet werden. Das geschieht, wie bereits erwähnt, durch eine Methode, die wir als Anlassen oder Vergüten bezeichnen. Wie wir auf Grund neuester Forschungen (Nowack) wissen, liegt die optimale Anlaßtemperatur um 400 Grad C. Es wurden daher bei meinen Versuchen die Drähte, die vorher eine halbe Stunde lang auf die Schmelztemperatur des Lotes bzw. auf 900 Grad gebracht worden waren, nach ihrer Abkühlung vorschriftsmäßig 10 Minuten lang wieder auf 400 Grad erhitzt. Anschließend wurde die Temperatur langsam vermindert, jedoch bei 200 Grad nochmals 10 Minuten konstant gehalten. Die weitere Abkühlung erfolgte ebenfalls langsam. Zur praktischen Ausführung der Vergütung sind eine Reihe von Apparaten angegeben worden. Als Wärmequelle dient entweder die Gasflamme oder bei kostspieligeren Apparaten der elektrische Strom. Um ein gleichmäßiges Erhitzen zu erreichen, empfiehlt *Korkhaus*, die fertige Apparatur vorher in Einbettungsmasse zu betten, wodurch gleichzeitig einer Formveränderung entgegengearbeitet wird. Mit dem so vorbehandelten Material wurden dieselben Versuche angestellt.

Von jedem Material wurden drei Proben für jeden der verschiedenen Zustände genommen. Die Ergebnisse wurden addiert und durch Division wurde der Mittelwert errechnet.

Die Auswertung dieser Versuche gestattet eine verhältnismäßig gute Beurteilung.

Wie oben bereits angedeutet, kam nur sogen. Fingerfederchenmaterial zur experimentellen Untersuchung. Verwandt wurde eine Speziallegierung, die in Deutschland ausschließlich von der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt hergestellt wird. Sie besteht aus 18kar. Gold mit Platinzusatz und hat einen Schmelzpunkt von 1030 Grad C. Dieselben Versuche wurden unter gleichen Bedingungen mit dem viel gebräuchlichen und durch die praktischen Erfahrungen als äußerst brauchbar anerkannten Material von Dee & Co., Chicago, angestellt. Es ist ebenfalls ein platinhaltiges Gold mit einem Schmelzpunkt von 1065 Grad C. Beide Versuchsobjekte haben einen Durchmesser von 0,5 mm.

Warum wurden Vergleichsversuche angestellt?

Es ist eine bekannte Tatsache, daß die deutsche Industrie, so führend sie auch in vielen Zweigen sein mag, in Bezug auf zahnärztliche Instrumente und Materialien nicht immer gleichwertige Leistungen aufzuweisen hat, worauf noch kürzlich *Pröll* hingewiesen hat. In richtiger Erkenntnis dieses Umstandes versuchte man nach Bekanntwerden der Lingualapparatur in Deutschland ein gleichwertiges Material für die Fingerfederchen herzustellen. Das Ergebnis waren völlig unbrauchbare Legierungen, da die quantitative Zusammensetzung, die durch chemische Analysen der amerikanischen Proben leicht festzustellen war, noch lange nicht die physikalischen Eigenschaften der Legierung bestimmte. Die Art der thermischen und mechanischen Behandlung bei der Herstellung, die die Struktur und damit die Eigenschaften wesentlich beeinflußt, ist von ebenso großer Bedeutung. Der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt ist es in neuester Zeit, wie *Tryfus* und *Korkhaus* berichten, nach vielen planmäßigen Versuchen gelungen, eine Speziallegierung herzustellen, die den ausländischen Fabrikaten gleichwertig sein soll.

Es ergibt sich daher zwangsläufig die Notwendigkeit, die Werte der notwendigen Eigenschaften des deutschen Materials zahlenmäßig festzulegen, aus denen man ersehen kann, mit welchen Veränderungen während der verschiedenen praktisch bedingten Zustände, die sich aus dem Verlauf des Verarbeitungsvorganges ergeben, zu rechnen ist. Die Vergleichsversuche am

amerikanischen Fabrikat sollen uns ein Urteil über die Ebenbürtigkeit bzw. Konkurrenzfähigkeit des deutschen Materials verschaffen.

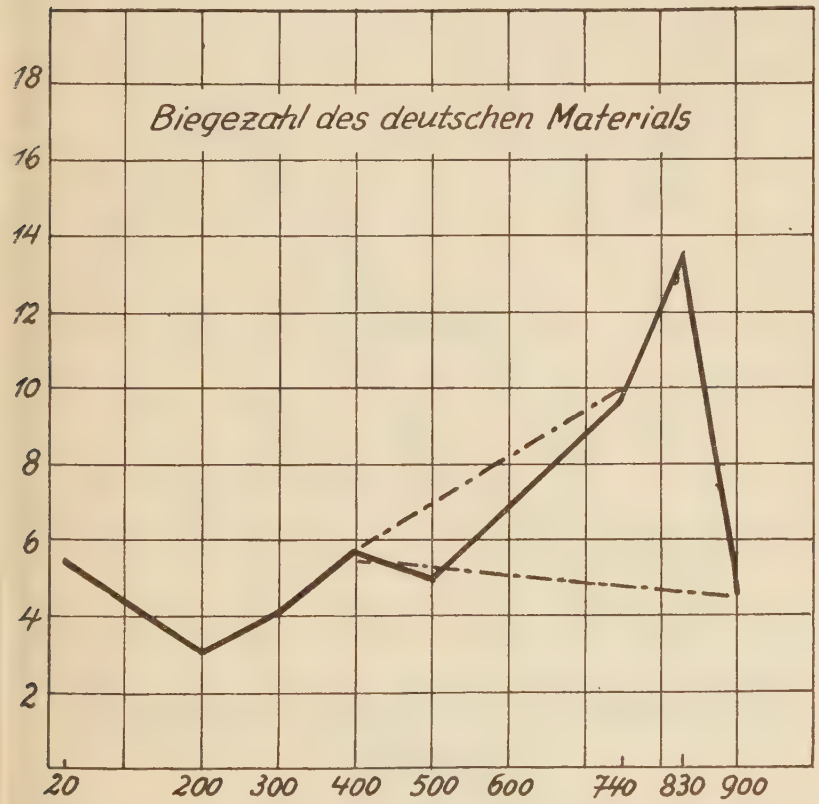

Abbildung 5.

Bevor ich zu den Ergebnissen meiner Versuche komme, möchte ich bemerken, daß die mikroskopische Untersuchung an Schliffen an der geringen Größengestaltung des Versuchsmaterials scheiterte.

Begonnen wurde mit der Bestimmung der Biegezahl, deren Definition bereits gegeben wurde. Sie wird für das deutsche Material veranschaulicht durch die graphische Darstellung (Ab-

bildung 5). Abbildung 6 demonstriert die Vergleichsergebnisse beim amerikanischen Material.

Die Ordinaten bezeichnen die Biegezahl, die Abscissen die Temperaturen. Verfolgen wir die Kurven, so sehen wir, daß im unbearbeiteten Zustand das deutsche Material die Biegezahl 5,5

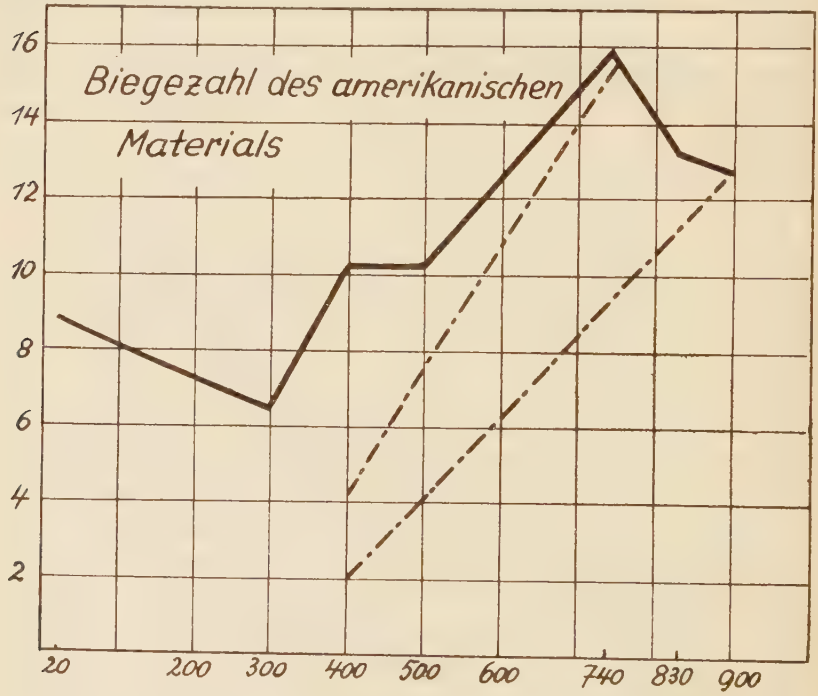

Abbildung 6.

aufweist, das amerikanische die Biegezahl 8,8. Diese beiden Zahlen haben aber für die Praxis weniger Bedeutung, da die Drähte im Anlieferungszustand ja nicht unseren Zwecken dienen können. Bei steigender Temperatur fallen zunächst die Werte. Das Minimum liegt für D. M. (D. M. = deutsches Material, A. M. = amerikanisches Material) bei der Biegezahl 3,1 und einer Temperatur von 200 Grad, für A. M. bei der Biegezahl 6,5 und einer Temperatur von 300 Grad. Wird die Temperatur weiter gesteigert, so vergrößert sich die Biegezahl kontinu-

ierlich und erreicht ihr Maximum für D. M. bei einer Temperatur von 830 Grad mit der Biegezahl 13,5, für A. M. bei einer Temperatur von 740 Grad mit der Biegezahl 15,8. Diese Temperatu-

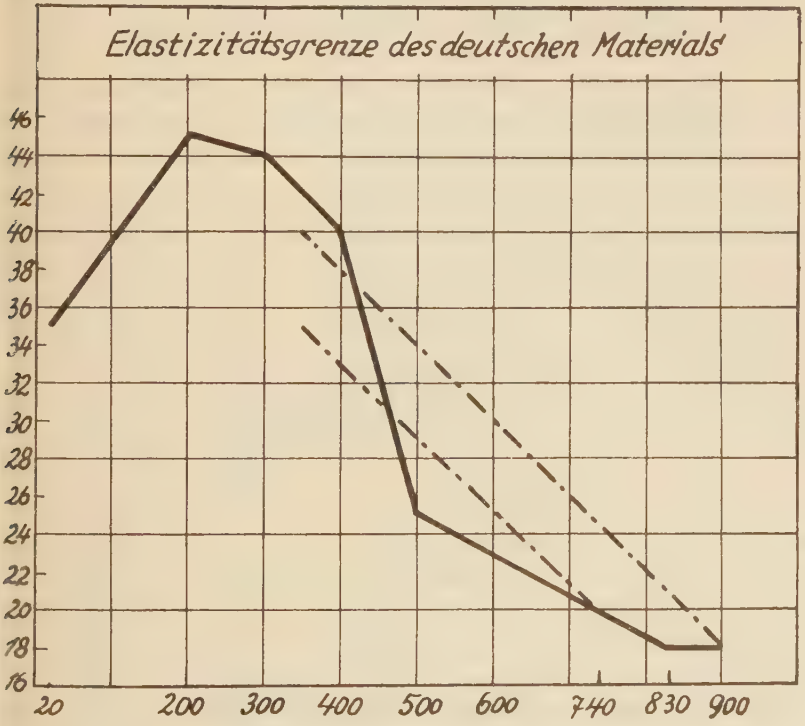

Abbildung 7.
Elastizitätsgrenze für D. M.

ren entsprechen den Schmelzintervallen der gebräuchlichen Lote. Werden die Drähte noch höheren Temperaturen ausgesetzt, so nimmt ihre Biegefähigkeit bei beiden Materialien ab, die des deutschen allerdings erheblich mehr, als die des amerikanischen. Die nach dem Vergüten auftretende Veränderung der Biegezahl ist in beiden Diagrammen durch durchbrochene Linien gekennzeichnet. Diese verlaufen von den Temperaturen 750 Grad und 900 Grad, denen die Versuchsdrähte vorher ausgesetzt waren,

zur Temperatur 400 Grad, bei der angelassen wurde. Es ergibt sich dann für D. M. eine Biegezahl von 5,7, die bis auf eine Differenz von 0,2 der des Anlieferungszustandes entspricht. Für A. M. fällt sie jedoch auf 4 bzw. 2, ohne damit dem Anlieferungszustande auch nur annähernd nahezukommen.

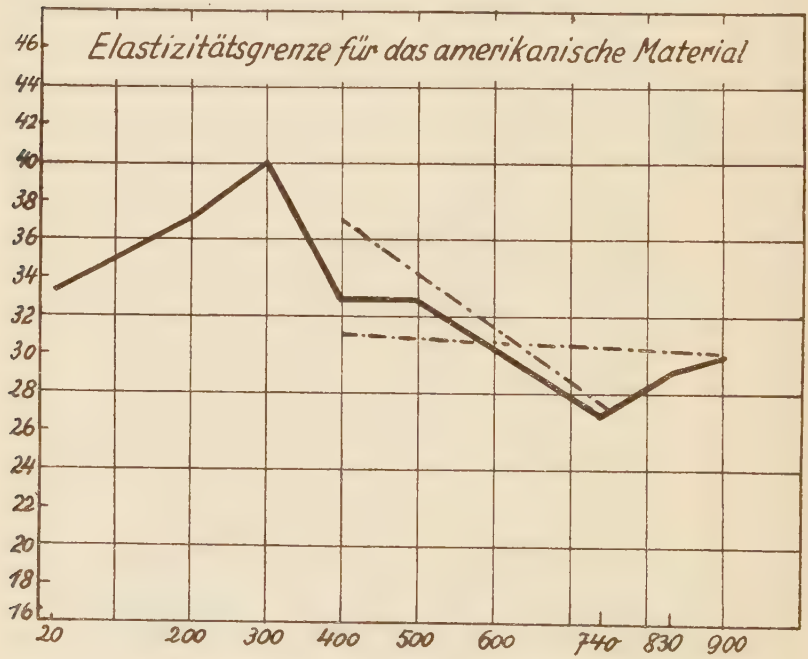

Abbildung 8.

Die zweite Versuchsreihe diente der Bestimmung der Elastizitätsgrenze. Sie wurde unter gleichen Bedingungen ausgeführt wie die erste. Abbildung 7 gibt die Elastizitätsgrenze für D. M. graphisch wieder, Abbildung 8 die Vergleichsergebnisse beim A. M.

Die Ordinaten bezeichnen die Winkelgrade, die Abscissen wiederum die Temperaturen. Wie das Diagramm für das D. M. erkennen läßt, liegt die Elastizitätsgrenze des Anlieferungszu-

standes bei einem Winkel von 35 Grad. Bei einer Temperatur von 200 Grad erreicht sie ihr Maximum, das mit 45 Grad angegeben ist. Jedoch liegt die Grenze noch höher, da bei 45 Grad, der größten Spannweite des Degussa-Apparates, noch keine Differenz zwischen Untersuchsobjekt und Mitnehmer festgestellt werden konnte. Bei steigender Temperatur wird die Elastizitätsgrenze kleiner. Die Kurve fällt bei beiden Materialien, jedoch beim D. M. schneller und tiefer als beim A. M. Den tiefsten Punkt erreicht dieses bei 830 Grad mit einer Elastizitätsgrenze von 18 Grad, jenes bei 740 Grad mit der Elastizitätsgrenze von 27 Grad. Die durchbrocheren Linien bedeuten die Veränderung der Elastizitätsgrenze nach dem Anlassen. Nach dem Vergüten mit einer Temperatur von 900 Grad steigt die Elastizität des D. M. so, daß sie die Grenze des Anlieferungszustandes sogar um 5 Grad übersteigt, bei einer Vorbehandlung mit 750 Grad dieselbe wieder erreicht. Beim A. M. liegt die Elastizitätsgrenze nach 900 Grad etwas tiefer, nach 750 Grad etwas höher als beim Anlieferungszustand.

Bei der Ermittelung der Elastizitätsmoduli waren für die Materialien d'eselben Vorbedingungen erfüllt wie bei den vorangegangenen Versuchen. Die Definition des Elastizitätsmoduls ist bei der Besprechung der Versuche schon gegeben worden. Die Belastung wurde so gewählt, daß die Durchbiegung größer war als ein Millimeter, um zuverlässigere Werte zu gewinnen. Die Meßwerte sind auf ein Hundertstel genau bestimmt. Die Moduli sind in kg/qmm angegeben, sofern man sie mit Tausend, in kg/qcm, wenn man sie mit Hunderttausend multipliziert. Errechnet wurden sie nach der bereits angegebenen Formel. Setzen wir in die Formel z. B. die gefundenen und benutzten Werte für den Anlieferungszustand einer Probe des deutschen Materials, so lautet sie:

$$E = \frac{4 \cdot 30^3 \cdot 5}{3 \cdot 3{,}1415 \cdot 0{,}25^4 \cdot 1{,}31}$$

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in nachfolgender Tabelle wiedergegeben.

Zustand	D. M.	A. M.
20 °	10,42	9,89
200 °	10,73	10,20
300 °	10,93	11,08
400 °	11,13	10,84
500 °	10,65	10,58
740 °	10,50	10,65
830 °	11,05	11,23
900 °	10,95	12,22
750 ° angl. b. 400 °	10,93	11,73
900 ° angl. b. 400 °	10,96	12,44

Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß der Elastizitätsmodul des D. M. in den vorbehandelten Zuständen im Gegensatz zum Anlieferungszustand unwesentlich verändert wird. Auch ergibt der Vergütungsvorgang nur minimale Differenzen. Beim A. M. dagegen wird er mit zunehmender Temperatur größer und erreicht bei 900 Grad einen Größenunterschied zum Anlieferungszustand von 2,33, d. h. der Widerstand, den der Draht der Deformation entgegensetzt, wird größer. Durch Anlassen wird diese Spanne nicht wesentlich verändert.

Die Auswertung der Resultate dieser Untersuchung gestattet eine gute Beurteilung des Materials, weiterhin auch einen Vergleich zum amerikanischen. Gleichzeitig lassen sich aus ihnen beachtenswerte Schlüsse für die Verarbeitung ziehen.

Bezgl. der Biegefähigkeit ist zu sagen, daß eine den Versuchen entsprechende Biegezahl von 5,5 als durchaus ausreichend bezeichnet werden kann. Daß sie sich bei einer der Hartlötung entsprechenden Temperatur auf 13,5 erhöht, beweist, daß die Geschmeidigkeit der Legierung außerordentlich vergrößert ist. Bei gleicher Temperatur wird die anfangs hohe Grenze der Elastizität wesentlich verkleinert. Diese Vergrößerung des Zwischenraumes zwischen Elastizitätsgrenze und Bruchgrenze bedeutet aber, daß die Legierung an Elastizität verliert und zu geschmeidig wird. In dieser Verfassung wäre das Material nicht unseren Anforderungen entsprechend. Diese Spanne wird aber, wie aus den graphischen Darstellungen klar hervorgeht, durch

den Vergütungsprozeß wieder verkleinert, und zwar so, daß die erforderlichen Eigenschaften des Anlieferungszustandes wieder erreicht werden. Die gefundenen Werte des Anlieferungszustandes genügen den Anforderungen vollkommen, wenn man bedenkt, daß Mershon den Fingerfederchen eine Spannung von höchstens ¾ bis 1 mm gibt, was bei einer Länge von 2 cm einem Druck von 8,5 gr entspricht (Nowack). Sie sollen ja nur einen innerhalb physiologischer Grenzen liegenden Reiz zum Abbau und Anbau geben und vor allem nicht zur Kippung des Zahnes führen.

Temperaturen, die oberhalb der Schmelzgrenze der Lote liegen, haben auf das Material keinen nachteiligen Einfluß, da es auch dann noch vergütbar ist.

Das amerikanische Material verhält sich ähnlich. Jedoch läßt beim Vergüten die Geschmeidigkeit sehr nach, ohne daß die Elastizitätsgrenze im Verhältnis dazu weiter wird, was eigentlich zu erwarten gewesen wäre. Die Bruchgefahr ist also entschieden größer als beim deutschen Material.

Zusammenfassend ist auf Grund der vorliegenden experimentellen Untersuchungen zu sagen, daß das uns zur Verfügung stehende Fingerfederchenmaterial alle für seine Bestimmung notwendigen Eigenschaften, wie genügende Biegungsfähigkeit, eine trotz Hartlötung konstante und in weiten Grenzen vollkommene Elastizität und einen genügend hohen Schmelzpunkt besitzt. Um aber seine Höchstleistungen, die durch den Verarbeitungsvorgang und oft vorkommendes Ueberhitzen herabgesetzt werden, voll ausnutzen zu können, ist der Vergütungsprozeß nach vorgeschriebenen Regeln unbedingt erforderlich. Die Versuche haben ferner gezeigt, daß das deutsche Material einen Vergleich mit dem amerikanischen voll auszuhalten vermag. Wir können es zumindesten als dem amerikanischen Material gleichwertig bezeichnen. Demnach kann die Forderung, daß dem deutschen Material der Vorzug gegeben wird, mit Recht aufgestellt werden.

Zum Schlusse meiner Arbeit möchte ich nicht versäumen, Herrn Professor Dr. Rebel für die freundliche Ueberlassung des Themas ergebenst zu danken. — Weiter gilt mein Dank Herrn Privatdozenten Dr. Ziebe für seine freundliche Beratung.

Literaturnachweis:

1. *Korkhaus:* Moderne orthodontische Therapie. 1928, Verlag H. Meuser, Berlin.
2. *Korkhaus:* Die moderne orthodontische Behandlung mit dem Lingualbogen von Mershon. (Z. R. 1927, Nr. 51 und 52.)
3. *Kohlrausch:* Lehrbuch der praktischen Physik. 14. Auflage. Verlag Teubner, Leipzig.
4. *Kohl:* Ueber Lingualapparaturen. D. M. f. Z. 1928. Heft Januar, Seite 10.
5. *Lignitz:* Der Lingualbogen und seine Anwendungsmöglichkeiten. Zeitschrift für zahnärztl. Orthopädie, 1926, Heft 3, Seite 89.
6. *Memmler:* Das Materialprüfungswesen. 2. Auflage. 1924. Verlag F. Enke, Stuttgart.
7. *Proell:* Von unseren Instrumenten und Materialien. Zeitschrift für zahnärztl. Materialienkunde und Metallurgie 1929. Heft 1, Seite 40.
8. *Schoenbeck:* Materialienkunde. 1923. Verlag H. Meuser, Berlin.
9. *Tryfus:* Orthodontische Therapie. Fortschritte der Zahnheilkunde 1927. 3. Band, Seite 823.
10. *Walter:* Die mechanischen Eigenschaften echter und unechter Hauptbogen- und Fingerfederchenmaterialien der Orthodontik. D. M. f. Z. 1929, Heft 14, Seite 731.
11. *Westphal:* Untersuchung über die elastischen Eigenschaften der Klammermetalle und ihre Veränderungen. Z. R. 1929, Nr. 21.
12. *Ziebe:* Wesentliche Gesichtspunkte bei der Herstellung der Lingualapparatur. Monatsschrift für Zahnheilkunde 1929, Nr. 21.

Lebenslauf.

Als neuntes Kind des Gastwirtes Clemens Rohmann und seiner Gemahlin Anna geb. Korte wurde ich am 3. Februar des Jahres 1906 zu Buer i. Westf. geboren. Vom 6. Lebensjahre an besuchte ich daselbst vier Jahre lang die Volksschule und anschließend das Hindenburg-Gymnasium, an dem ich zu Ostern 1925 die Reife-Prüfung bestand. Im S. S. 1925 begann ich mein zahnärztliches Studium in Bonn, wo ich zu Ende des S. S. 1926 das zahnärztliche Vor-Examen bestand. Die beiden ersten klinischen Semester führten mich nach Freiburg i. Br. Zum Herbsttermin 1928 bestand ich in Göttingen das zahnärztliche Staatsexamen. Seit dem 15. November 1928 bin ich Assistent am zahnärztlichen Institut der Universität Göttingen.